

**MODIFIKASI MOTOR *DIRECT DRIVE* MENJADI  
GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 *SLOT* 24  
*POLE***

**SKRIPSI**

Diajukan untuk memenuhi sebagian syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik  
pada Program Studi Teknik Elektro



Oleh:

Adnan Nugraha

E.5051.1708056

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN  
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA**

**2021**

**MODIFIKASI MOTOR *DIRECT DRIVE* MENJADI GENERATOR  
SINKRON MAGNET PERMANEN 36 *SLOT* 24 *POLE***

Oleh  
Adnan Nugraha

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk  
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas  
Pendidikan Teknologi dan Kejuruan

© Adnan Nugraha 2021  
Universitas Pendidikan Indonesia  
Agustus 2021

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak  
ulang, di *fotocopy*, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis.

Adnan Nugraha, 2021  
**MODIFIKASI MOTOR *DIRECT DRIVE* MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 *SLOT*  
24 *POLE***  
Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

**LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**

**ADNAN NUGRAHA**

**E. 5051.1708056**

**MODIFIKASI MOTOR *DIRECT DRIVE* MENJADI GENERATOR  
SINKRON MAGNET PERMANEN 36 *SLOT* 24 *POLE***

Disetujui dan disahkan oleh pembimbing:

Pembimbing I



**Prof. Dr. H. Sumarto, MSIE.**

NIP. 19550705 198103 1 005

Pembimbing II

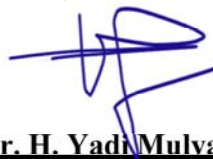


**Wasimudin Surya Saputra, S.T., M.T.**

NIP. 19700808 199702 1 001

Mengetahui,

Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro



**Dr. H. Yadi Mulyadi, M.T.**

NIP. 19630727 199302 1 001

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR *DIRECT DRIVE* MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 *SLOT*  
24 *POLE***

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “**Modifikasi Motor Direct Drive Menjadi Generator Sinkron Magnet Permanen 36 Slot 24 Pole**” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, Agustus 2021

Yang Menyatakan

Adnan Nugraha

NIM. 1708056

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, karunia serta hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Modifikasi Motor *Direct Driver* menjadi Generator Sinkron Magnet Permanen 36 Slot 24 Pole”** dengan baik dan tepat waktu. Skripsi ini ditulis untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik di Universitas Pendidikan Indonesia Fakultas Pendidikan Teknologi dan Kejuruan Departemen Pendidikan Teknik Elektro Program Studi S1 Teknik Elektro.

Penulis berharap mudah-mudahan skripsi ini dapat memberikan manfaat dan dapat menjadi sumber atau rujukan bagi pembaca. Semoga Alloh SWT membalas dan melimpahkan rahmat-Nya atas semua kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Maka dari itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT., karena dengan rahmat dan kasih sayang-Nya, penulis diberikan kesehatan sehingga dapat menyelesaikan laporan ini dengan tepat waktu.
2. Bapak dan Ibu selaku orang tua dari penulis yang selalu memenuhi kewajibannya sebagai orang tua dan selalu mendo'akan dalam setiap keberhasilan yang dicapai.
3. Bapak Dr. Yadi Mulyadi, M.T., selaku Ketua Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
4. Bapak Iwan Kustiawan, Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Departemen Pendidikan Teknik Elektro, Universitas Pendidikan Indonesia.
5. Bapak Prof. Dr. H. Sumarto, MSIE. selaku dosen pembimbing I selama penyusunan tugas akhir telah banyak memberikan keleluasaan waktu, ilmu, dukungan dan bimbingan serta nasihat terbaiknya secara sabar kepada penulis.
6. Bapak Wasimudin Surya Saputra, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II selama penyusunan tugas akhir telah banyak memberikan keleluasaan

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

waktu, ilmu, dukungan dan bimbingan serta nasihat terbaiknya secara sabar kepada penulis.

7. Seluruh dosen dan staff Departemen Pendidikan Teknik Elektro FPTK UPI.
8. Keluarga Lentera Bumi Nusantara yang telah memberikan banyak ilmu dan pembelajaran, pengalaman, kekeluargaan dan cerita yang tidak pernah didapatkan di perkuliahan.
9. PT. Lentera Bumi Nusantara yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mengambil data dan menerima saran terbaik dalam penyusunan skripsi.
10. Rekan-rekan seperjuangan dari Teknik Elektro 2017 yang memberikan semangat dan motivasi.
11. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan kepada semua pihak yang telah membantu penulis selama penyusunan Tugas Akhir ini. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis juga bagi para pembaca. Penulis menyadari masih banyaknya kekurangan dalam tugas akhir ini, oleh karenanya dengan segala kerendahan hati kritik dan saran sangat penulis harapkan sebagai penyempurnaan dari tugas akhir ini. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Bandung, Agustus 2021

Penulis

## ABSTRAK

Pada penelitian ini dilakukan simulasi dan perancangan modifikasi pada motor *direct drive* menjadi generator sinkron magnet permanen dengan jumlah 36 slot dan 24 pole. Secara konstruksi, motor *direct drive* ini memiliki kemiripan dengan generator sinkron magnet permanen (GSMP) yang dimana medan utama pada kedua mesin tersebut dihasilkan oleh magnet permanen pada rotor. Dengan metode *Finite Element Methode* (FEM), Motor *direct drive* akan disimulasikan dan dianalisa performanya dalam pengaplikasian sebagai generator pada PLTB skala mikro, maka selanjutnya akan dilakukan modifikasi pada bagian rotor yaitu pada jumlah magnet permanen yang terpasang sebanyak 24 pole dan metode belitan yaitu *concentrated winding* dan menghasilkan beda fasa sebesar 120 derajat. Modifikasi ini bertujuan untuk mengurangi biaya perancangan. Adapun modifikasi pada motor *direct drive* menjadi GSMP bertujuan sebagai bentuk pengembangan GSMP pada PLTB skala mikro selain menggunakan motor induksi bekas. Setelah itu dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik pada hasil modifikasi motor *direct drive* menjadi GSMP tersebut, ketika diberi variasi beban dan kecepatan yang bervariasi. GSMP pada PLTB skala mikro kebanyakan merupakan generator dengan variabel kecepatan.

**Kata kunci :** Motor Direct Drive, Finite Element Method, Variabel kecepatan Generator, Pembangkit Listrik Tenaga Bayu, GSMP

### **ABSTRACT**

*In this study, simulation and design of modifications to the direct drive motor into a permanent magnet synchronous generator were carried out with 36 slots and 24 poles. In construction, this direct drive motor is similar to a permanent magnet synchronous generator (PMSG) where the main field in both machines is generated by a permanent magnet in the rotor. With the Finite Element Method (FEM) method, the direct drive motor will be simulated and its performance analyzed in application as a generator in micro-scale PLTB, then modifications will be made to the rotor, namely the number of permanent magnets installed as many as 24 poles and the winding method, namely concentrated winding, and produces a phase difference of 120 degrees. This modification aims to reduce design costs. The modification of the direct drive motor to PMSG is intended as a form of PMSG development on small scale wind turbine in addition to using used induction motors. After that, a test was carried out to determine the characteristics of the modified direct drive motor into PMSG, when given various load and speed variations. PMSG in small scale wind turbine are mostly generators with variable speed.*

*Keywords— Direct Drive Motor, Finite Element Methode, Variable Speed Generator, Small scale wind wind turbine, PMSG*



## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI .....</b>	<b>ii</b>
<b>PERNYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang Penelitian.....	3
1.2 Rumusan Masalah Penelitian .....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan.....	3
<b>BAB 2 TINJUAN PUSTAKA.....</b>	<b>4</b>
2.1 Prinsip Dasar Generator .....	4
2.2 Motor DC Tanpa Sikat (Brushless DC Motor).....	4
2.3 Generator Sinkron Magnet Permanen (Permanent Magnet Synchronous Generator).....	5
2.3.1 GGL dan Konstanta GGL pada GSMP.....	7
2.4 Kontruksi Generator Sinkron Magnet Permanen .....	8
2.4.1 Stator.....	8
2.4.2 Rotor .....	9
2.4.3 Celah Udara .....	9
2.4.4 Magnet Permanen .....	10
2.5 Baja Elektrik.....	10
2.6 Penyearah Tiga Fasa.....	11
2.7 Variabel Kecepatan Generator .....	11
2.8 Finite Element Method.....	12

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2.9	Perancangan Matematis Desain Generator.....	14
2.9.1	Derajat Elektrik .....	15
2.9.2	Metode <i>Lilitan</i> .....	16
2.9.3	Perancangan <i>Rotor</i> .....	17
2.9.4	Perancangan <i>Ukuran Magnet</i> .....	18
2.9.5	Konversi <i>Tegangan, Daya, Efisiensi pada Generator</i> .....	18
2.10	Penelitian Relevan .....	20
BAB 3	METODE PENELITIAN .....	22
3.1	Desain Penelitian .....	22
3.2	Waktu dan Tempat Penelitian .....	22
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	22
3.3.1	Studi Literatur .....	22
3.3.2	Observasi .....	22
3.3.3	Wawancara .....	23
3.3.4	Dokumentasi.....	23
3.4	Metode Analisis.....	23
3.5	Diagram Alir Penelitian.....	24
3.6	Diagram Alir Proses Simulasi Berbasis FEM .....	26
3.7	Bahan dan Peralatan .....	27
3.8	Diagram Blok Perakitan Alat .....	28
3.9	Perancangan dan Modifikasi Generator Sinkron Magnet Permanen .....	29
3.10	Perhitungan Rancangan Generator Sinkron Magnet Permanen .....	30
3.10.1	Pengukuran Tiap Bentuk Geometri Pada Motor Direct Drive .....	30
3.10.2	Perencanaan Kombinasi Slot dan pole generator .....	33
3.10.3	Perencanaan Konfigurasi Lilitan.....	33
3.10.4	Perhitungan Daya Semu generator .....	35
3.10.5	Perhitungan Arus Generator .....	36

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

3.10.6	Pembuatan Lilitan .....	36
3.10.7	Perencanaan Magnet Permanen.....	37
3.11	Pembuatan hub Stator, hub Rotor dan Dudukan Magnet.....	39
3.11.1	Pembuatan Dudukan Magnet .....	42
3.12	Pemodelan dan Simulasi .....	44
3.12.1	Pemodelan Desain GSMP.....	44
3.12.2	Simulasi GSMP .....	45
3.13	Skema Pengujian Generator Sinkron Magnet Permanen .....	51
3.13.1	Skema Pengujian GSMP Tanpa Beban AC .....	51
3.13.2	Skema Pengujian GSMP dengan Beban AC .....	52
3.13.3	Skema Pengujian GSMP Terhubung Recifier 3 fasa.....	53
3.13.4	Skema Pengujian GSMP Terhubung Recifier 3 fasa dengan Beban .....	53
BAB 4	TEMUAN DAN PEMBAHASAN.....	55
4.1	Pengukuran Resistansi dan Induktansi pada Generator.....	55
4.2	Pengukuran Tahanan Isolasi pada GSMP .....	59
4.3	Pengujian GSMP Tanpa Beban.....	60
4.4	Pengujian GSMP Berbeban.....	65
4.4.1	Pengujian GSMP Berbeban AC.....	65
4.4.2	Pengujian GSMP terhubung Rectifier 3 Fasa.....	68
4.4.3	Pengujian GSMP dengan Rectifier dan Beban Resistif .....	70
4.4.4	Pengujian GSMP dengan <i>Short Circuit</i> .....	79
4.4.5	Regulasi Tegangan .....	81
BAB 5	SIMPULAN, IMPLIKASI DAN REKOMENDASI.....	83
5.1	Simpulan.....	83
5.2	Implikasi.....	83
5.3	Rekomendasi .....	84

DAFTAR PUSTAKA .....	1
LAMPIRAN.....	85

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Konduktor melalui medan magnet secara tegak lurus .....	4
Gambar 2.2 Motor BLDC atau Motor Direct Drive Pada Mesin Cuci .....	5
Gambar 2.3 Kontruksi Stator dan Rotor Motor BLDC secara umum.....	5
Gambar 2.4 Digram arus bolak balik satu fasa .....	6
Gambar 2.5 Diagram Arus Bolak Balik Tiga Fasa .....	7
Gambar 2.6 Tiga Bagian Utama GSMP.....	8
Gambar 2.7 Kontruksi Inti Besi Stator.....	9
Gambar 2.8 Topologi Pemasangan Magnet .....	9
Gambar 2.9 Kurva Karakteristik Bahan magnet permanen .....	10
Gambar 2.10 Penyearah Tiga Fasa .....	11
Gambar 2.11 Diagram Blok dari Sistem Variable Kecepatan Generator .....	12
Gambar 2.12 Objek yang Tersirat dengan Finite Element Method .....	13
Gambar 2.13 Wilayah Gabungan {A, B, C, D, E, F, G,} .....	14
Gambar 2.14 Skema Pelilitan Kumputan (a) Distributed Winding; (b) Concentrated Winding .....	17
Gambar 2.15 Aliran Daya dan Daya Rugi-Rugi Pada Generator .....	20
Gambar 3.1 Diagram Alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 Metode pengerjaan Simulasi FEM.....	26
Gambar 3.3 Diagram Blok Perakitan Alat .....	29
Gambar 3.4 Perhitungan Sudut Fasa.....	34
Gambar 3.5 Grafik Sudut Fasa.....	35
Gambar 3.6 (a) lilitan yang terpasang pada stator, (b) lilitan yang sudah disolder.....	36
Gambar 3.7 (a) Konfigurasi posisi magnet V-shaped, (b) realisasi magnet pada rotor ....	38
Gambar 3.8 Kurva Demagnetisasi NdFeB N35.....	39
Gambar 3.9 Model Dummy hub stator (a) tampak depan, (b) tampak samping.....	40
Gambar 3.10 Model Hub Rotor (a) tampak depan (b) tampak samping.....	41
Gambar 3.11 Hasil pengecoran dummy hub.....	42
Gambar 3.12 Realisasi (a) hub stator (b) hub rotor.....	42
Gambar 3.13 Modeludukan magnet (a) tampak depan, (b) tampak atas.....	43
Gambar 3.14 Realisasi kedudukan magnet setelah di pasang magnet.....	43
Gambar 3.15 Pemodelan generator pada perangkat lunak berbasis FEM.....	45
Gambar 3.16 Distribusi aliran fluks magnet pada inti besi.....	46
Gambar 3.17 Gelombang Antar Fasa pada 1050 RPM.....	46

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Gambar 3.18 Kurva Hubungan Tegangan dengan Kecepatan .....	48
Gambar 3.19 Rangkaian Ekuivalen GSMP 3 fasa dengan hubungan Y .....	48
Gambar 3.20 Rangkaian Simulasi Pembebanan generator magnet permanen 3 fasa .....	49
Gambar 3.21 Skema pengujian GSMP tanpa beban .....	52
Gambar 3.22 Skema Pengujian GSMP dengan Beban AC .....	52
Gambar 3.23 Skema Pengujian GSMP terhubung Rectifier 3 fasa .....	53
Gambar 3.24 Skema Pengujian GSMP Terhubung Rectifier 3 Fasa + Beban .....	53
Gambar 3.25 Skema Pengujian GSMP dengan Short Circuit.....	54
Gambar 4.1 Penamaan lilitan berdasarkan letak gigi stator .....	55
Gambar 4.2 Pengukuran resistansi dan induktansi .....	56
Gambar 4.3 Pengujian tahanan isolasi pada GSMP.....	59
Gambar 4.4 Dokumentasi pengujian generator tanpa beban .....	60
Gambar 4.5. Hasil gelombang antar fasa .....	61
Gambar 4.6. Grafik karakteristik frekuensi Pada GSMP .....	63
Gambar 4.7 Grafik Karakteristik Tegangan Tanpa Beban.....	65
Gambar 4.8 Pengujian generator dengan beban AC lampu .....	66
Gambar 4.9 Grafik karakteristik tegangan pada generator terhadap arus beban lampu....	67
Gambar 4.10 Grafik Tegangan Antar Fasa Terhubung Rectifier.....	68
Gambar 4.11 Grafik Hasil keluaran Tegangan DC pada Rectifier 3 fasa .....	70
Gambar 4.12 Pengujian GSMP terhubung Rectifier 3 fasa dengan beban lampu .....	71
Gambar 4.13 Grafik Tegangan terhadap Kecepatan putar dan pembebanan resistif.....	73
Gambar 4.14 Grafik arus pada terhadap kecepatan putar .....	74
Gambar 4.15 Grafik daya output terhadap kecepatan .....	76
Gambar 4.16 Grafik hasil daya input terhadap kecepatan .....	77
Gambar 4.17 Grafik Efisiensi terhadap kecepatan dan pembebanan .....	79
Gambar 4.18 Pengujian GSMP dengan short circuit .....	80

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Bahan dan Alat.....	27
Tabel 3.2 Parameter awal desain.....	30
Tabel 3.3 Dimensi Stator.....	32
Tabel 3.4 Dimensi Rotor .....	32
Tabel 3.5 Hubungan Kumputan pada tiap Fasa .....	35
Tabel 3.6 Parameter Model generator .....	44
Tabel 3.7 Hasil Simulasi GGL dengan variasi rpm .....	47
Tabel 3.8 Hasil Simulasi beban rectifier dengan variasi kecepatan.....	50
Tabel 3.9 Hasil Simulasi Pembebanan Generator.....	50
Tabel 4.1. Hasil pengukuran resistansi dan induktansi pada tiap lilitan .....	56
Tabel 4.2. Hasil pengukuran resistansi dan induktansi pada fasa generator.....	58
Tabel 4.3 Hasil pengukuran tahanan isolasi.....	59
Tabel 4.4 Hasil pengujian frekuensi pada generator.....	61
Tabel 4.5 Hasil pengujian tegangan generator tanpa beban.....	63
Tabel 4.6 Hasil pengujian generator dengan beban AC lampu pijar dengan kecepatan 250 RPM .....	66
Tabel 4.7 Hasil pengujian arus dengan rectifier.....	68
Tabel 4.8 Hasil pengujian Tegangan DC .....	69
Tabel 4.9 Tegangan terhadap kecepatan dengan pengujian berbeban .....	71
Tabel 4.10 Hasil nilai arus terhadap kecepatan dengan pengujian berbeban.....	73
Tabel 4.11 Hasil daya output terhadap kecepatan.....	75
Tabel 4.12 Hasil daya input terhadap kecepatan.....	76
Tabel 4.13 Hasil efesiensi terhadap kecepatan dan pembebanan .....	78
Tabel 4.14 Hasil Pengujian Generator dengan Short circuit.....	80
Tabel 4.15 Regulasi Tegangan Pada Kecepatan 750 RPM.....	81

## DAFTAR PUSTAKA

- Angela Arinda I P. (2020) Performa Permanent Magnet Synchronous Generator 24 Slot 16 Pole pada Modifikasi Motor Induksi 3 Fasa 0,75 Kw, Politeknik Negeri Malang, Malang.
- Azka, M. (2013). *Analisis Perancangan dan Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen dengan Rotor Berlubang*. Universitas Indonesia.
- Chapman, S.J., 2005, *Electric Machinery Fundamentals*, 4th edition, McGraw-Hill, New York
- Elsa Mariana Munawaroh. (2021) Rancang Bangun Generator Sinkron Fluks Radial dengan Medan Umbrella Magnet Permanen NdFeB. PENS, Surabaya,
- Fitzgerald, A. E., Kingsley, C., Umans, S. D., & James, B. (2003). *Electric Machinery* (Vol. 5). New York: McGraw-Hill.
- Hanselman, D. C. (2003). *Brushless Permanent Magnet Motor Design*. The Writers' Collective
- J.R. Hendershot and THE Miller. (1994). *Design Of Brushless Permanent-Magnet Motors*. Oxford : Magna Physics Publishing and Clarendon Press.
- M. R. Faqih, (2019). Rancang Bangun Radial Flux Permanent Magnet Synchronous Generator (RFPMSG)," PENS, Surabaya,
- Madani, N. (2011). Design of a permanent magnet synchronous generator for a vertical axis wind turbine.
- T. Kenjo and S.Nagamori. (1985) *Permanent-magnet and Brushless DC Motors* <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2011.01.102>
- Mareta Dwi Anastasya, (2020) Simulasi Generator Sinkron Magnet Permanen 36 Slot 12 Pole Menggunakan Perangkat Lunak Magnet Infolitica, Universitas Pendidikan Indonesia.
- Piggott, H., Kirby, T., & Piggott, H. (1999). *Windpower Workshop Building Your Own Wind Turbine*.
- Rifqi Luthfi Naufal (2020). Analisis Performa Brushless DC (BLDC) Motor 24 Slot 8 Pole Dalam Aplikasi Sebagai Generator pada Pembangkit

Adnan Nugraha, 2021

**MODIFIKASI MOTOR DIRECT DRIVE MENJADI GENERATOR SINKRON MAGNET PERMANEN 36 SLOT 24 POLE**

Universitas Pendidikan Indonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu



- Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Skala Mikro Menggunakan Finite Element Method (FEM), Universitas Pertamina.
- Pramono, B.W., Warindi, Hidayat, A., (2015). Perancangan Mini Generator Turbin Angin 200 W Untuk Energi Angin Kecepatan Rendah.
- Sudrajat, N. (2013). Fabrikasi Magnet Permanen Bonded NdFeB untuk Prototipe Generator, 12–14
- Soepranto, Shidiq, M., Wibawa, U., & Utomo, T. (2018). Pengereman Regeneratif Motor DC Tanpa Sikat ( BLDC ) Untuk Pengisian Baterai Pada Sepeda Elektrik, Universitas Mercu Buana. 9(1), 1–9
- S. C. Brenner and C. R. Scott (2008) The Mathematical Theory of Finite Element Method Third Edition, New York: Springer Science+Business Media..
- W. Cao, Y. Xie and Z. Tan (2012) Wind Turbine Generator and Technologies, in Advances in Wind Power, London, INTECH, pp. 177-204
- Wenliang Zhao, Dezhi Chen, Thomas A. Lipo, "Dual Airgap Stator- and Rotor- Permanent Magnet Machines with Spoke-type Configurations Using Phase-group Concentrated-coil Windings"
- Y.B. Adyapaka Apatya, Aries Subiantoro and Feri Yusiva (2017), Design and Prototyping of 3-Phase BLDC Motor , Universitas Indonesia.